

|                           |       |              |                |
|---------------------------|-------|--------------|----------------|
| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I          | マーク一 (参考)      |
| H 01 L 21/027             |       | H 01 L 21/30 | 5 1 2 2 H 08 7 |
| G 02 B 13/24              |       | G 02 B 13/24 | 5 F 04 6       |
| G 03 F 7/20               | 5 2 1 | G 03 F 7/20  | 5 2 1          |
|                           |       | H 01 L 21/30 | 5 1 5 G        |

審査請求 未請求 請求項の数 4 FD (全 5 頁)

|          |                        |         |   |
|----------|------------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平10-239562           | (71)出願人 | 000004112<br>株式会社ニコン<br>東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 |
| (22)出願日  | 平成10年8月11日 (1998.8.11) | (72)発明者 | 藤島 洋平<br>東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内       |
|          |                        | (72)発明者 | 松本 宏一<br>東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内       |
|          |                        | (74)代理人 | 100094329<br>弁理士 猪熊 克彦                    |
|          |                        |         |   |

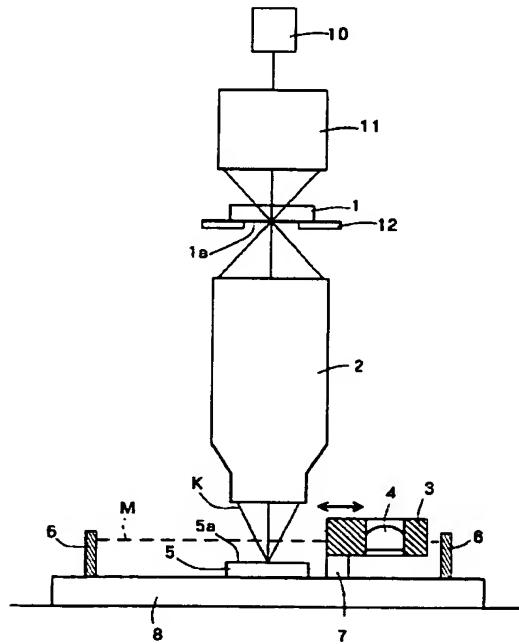
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 投影露光装置及び露光方法

## (57)【要約】

【課題】 投影光学系を液浸状態で使用した場合でも、通常状態で使用した場合と比べて、投影光学系による結像位置と、光軸付近の結像性能の変化の少ない投影露光装置及び露光方法を提供する。

【解決手段】 原版1上に描画されたパターン1aを基板5の感光面5aに転写する投影光学系2を有する投影露光装置において、投影光学系2の最も基板5側のレンズ面と感光面5aとの空間に、補助レンズ4が挿脱可能に配置され、補助レンズ4の下面と感光面5aとの空間は、液浸可能に形成され、補助レンズ4の原版1側レンズ面の曲率半径R<sub>1</sub>は、原版1側レンズ面から感光面5aまでの光軸Z上の距離d<sub>1</sub>にほぼ等しくなるように形成される。



### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有する投影露光装置において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面と前記感光面との空間に、補助レンズが挿脱可能に配置され、該補助レンズの下面と前記感光面との空間は、液浸可能に形成され、前記補助レンズの原版側レンズ面の曲率半径は、該原版側レンズ面から前記感光面までの光軸上の距離にほぼ等しくなるように形成されたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】前記補助レンズの基板側レンズ面の曲率半径は、該基板側レンズ面から前記感光面までの光軸上の距離にほぼ等しくなるように形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】原版上に描画されたパターンを基板の感光面に転写する投影光学系を有する投影露光装置において、前記投影光学系の最も基板側のレンズ面の曲率半径は、該基板側のレンズ面から前記感光面までの光軸上の距離にほぼ等しくなるように形成されたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 4】請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置を用いて露光する方法において、前記原版を所定の露光光で照明する照明工程と、前記投影光学系を介して前記原版のパターン像を前記基板の感光面に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原版上に描画されたパターンを基板上に焼付転写する投影光学系を有する投影露光装置及び露光方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年、感光性基板としてのウエハに転写されるパターンの微細化が望まれている。これを達成するためには、露光波長の短波長化を図るか、投影光学系の開口数の増大化を図るかの 2 つの方法が考えられる。従来より、これらのうち投影光学系の開口数の増大化を図る方法として、液浸式の投影露光装置が提案されている。液浸式の投影露光装置は、投影光学系の最もウエハ側のレンズ面と、ウエハとの空間、すなわち、作動距離（ワーキングディスタンス）の空間（以後、作動空間と呼ぶ。）の全部又はウエハ側の部分空間を、油等の液体で満たす装置である。通常使用時の作動空間を占める空気の屈折率が 1.0 であるのに対し、例えば、油の屈折率は約 1.6 である。このため、作動空間の全部又はウエハ側の部分空間を、このように屈折率の高い液体に置換すれば、投影光学系のウエハ側の開口数を大きく

し、露光パターンの微細化を図ることができる。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の液浸式の投影露光装置においては、作動空間を空気等の気体とする通常使用時と、パターンの微細化を図り作動空間の全部又はウエハ側の部分空間を液体とする液浸使用時とで、同等の結像性能を確保できなかった。例えば、作動空間のウエハ側部分空間を液体とする液浸時の使用方法として、平行平板ガラスを気体と液体の境界に設置する場合を考える。このような場合、以下の 3 つの不具合が発生する。

【0004】1 つめは、液浸使用時、平行平板ガラスの入射面での光の屈折によって、投影光学系による結像位置がずれる不具合である。そのため、焦点距離を確保するように、投影光学系又はウエハを移動させる必要がある。そして、その液浸使用時の条件によっては、結像位置をウエハ上に合わせられなくなる場合がある。2 つめは、液浸使用時に気体と液体の境界に設置される平行平板ガラスによって、球面収差が生じる不具合である。これによって、液浸使用時には結像性能が悪くなる。3 つめは、環境変動により液浸使用時の結像性能や結像位置の変化が大きくなる不具合である。すなわち、液体の屈折率は、気体の屈折率に比べて、温度変化等の環境変動によって大きく変化するため、結像性能や結像位置が安定しない。したがって本発明は、投影光学系を液浸状態で使用した場合でも、通常状態で使用した場合と比べて、投影光学系による結像位置と、光軸付近の結像性能の変化の少ない投影露光装置及び露光方法を提供することを課題とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、添付図面の図 1 及び図 2 に付した符号をカッコ内に付記すると、本発明は、原版 (1) 上に描画されたパターン (1a) を基板 (5) の感光面 (5a) に転写する投影光学系

(2) を有する投影露光装置において、投影光学系 (2) の最も基板 (5) 側のレンズ面と感光面 (5a) との空間に、補助レンズ (4) が挿脱可能に配置され、補助レンズ (4) の下面と感光面 (5a) との空間は、液浸可能に形成され、補助レンズ (4) の原版 (1) 側レンズ面の曲率半径 ( $R_1$ ) は、原版 (1) 側レンズ面から感光面 (5a) までの光軸 (Z) 上の距離 ( $d_1$ ) にほぼ等しくなるように形成されたことを特徴とする投影露光装置である。その際、更に添付図面の図 3 に付した符号をカッコ内に付記すると、補助レンズ (4) の基板 (5) 側レンズ面の曲率半径 ( $R_2$ ) は、基板 (5) 側レンズ面から感光面 (5a) までの光軸 (Z) 上の距離 ( $d_2$ ) にほぼ等しくなるように形成されることが好ましい。

【0006】また本発明は、添付図面の図 1 及び図 4 に

付した符号をカッコ内に付記すると、原版（1）上に描画されたパターン（1 a）を基板（5）の感光面（5 a）に転写する投影光学系（2）を有する投影露光装置において、投影光学系（2）の最も基板（5）側のレンズ面の曲率半径（R<sub>2</sub>）は、基板（5）側のレンズ面から感光面（5 a）までの光軸（Z）上の距離（d<sub>2</sub>）にほぼ等しくなるように形成されたことを特徴とする投影露光装置である。また本発明は、添付図面の図1に付した符号をカッコ内に付記すると、上述の構成の投影露光装置を用いて露光する方法において、原版（1）を所定の露光光で照明する照明工程と、投影光学系（2）を介して原版（1）のパターン像（1 a）を基板（5）の感光面（5 a）に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法である。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によつて説明する。図1、図2にて、本発明による投影露光装置の第1実施例を示す。図1は、本発明の第1実施例による通常使用時での投影露光装置を示す図である。本第1実施例は、照明工程と露光工程を含む露光方法にて、レチクル1のパターン面1 aの像をウエハ5の像面5 a（感光面）に結像する。すなわち、K<sub>r</sub>Fエキシマレーザー光源等の光源10から発した光束は、照明光学系1 1を経て、レチクルステージ1 2上に載置された原版としてのレチクル1のパターン面1 aを、均一に照明する。レチクル1のパターン面1 aから発した露光光は、投影光学系2を介して、XYステージ8上に載置されたウエハ5の像面5 aに、パターン面1 aの像を結像する。なお、通常使用時とは、作動空間が、空気のみの状態をいう。

【0008】ここで、XYステージ8上には、回軸7を介在して、レンズホルダ3に保持された補助レンズ4が設置されている。この補助レンズ4は、回軸7を中心に回転可能となっている。そして、図1に示す位置から180°回転すると、補助レンズ4は、投影光学系2の真下に配置される。このとき、補助レンズ4の光軸は、投影光学系2の光軸と一致する。また、XYステージ8上には、箱形状の液体遮蔽板6が設置されている。図1では、簡単のため、液体遮蔽板6の断面のみ示す。そして、液体遮蔽板6に囲まれた空間に、油等の液体を入れて、作動空間のウエハ5側部分空間を液体とすることができる。本第1実施例の投影露光装置を液浸状態にて使用する場合、補助レンズ4を投影光学系2の真下に配置し、液体遮蔽板6内に液体を入れる。このとき、補助レンズ4の上面（レチクル1側の面）と、投影光学系2の下面（最もウエハ5側の面）との間は、空気となる。そして、補助レンズ4の下面（ウエハ5側の面）と、ウエハ5との間は、液体となる。図1の破線Mは、空気と液体の境界線を示す。

【0009】図2は、本発明の第1実施例による液浸使

用時での投影露光装置において、補助レンズ4の近傍を拡大して示した図である。前述したように、液浸使用時では、補助レンズ4の上面側の空間は空気Aとなり、補助レンズ4の下面側の空間は液体Lとなっている。また、本第1実施例における補助レンズ4の屈折率は、液体Lの屈折率とほぼ等しい値となっている。補助レンズ4の上面形状は、ウエハ5上の像面5 aの中心に結像するすべての光線Kが垂直に入射するような形状となっている。すなわち、補助レンズ4の上面の曲率中心が、補助レンズ4及び液体Lがない通常使用時の像面5 aの中心と一致している。そして、補助レンズ4の上面の曲率半径R<sub>1</sub>は、次式を満たす。

$$R_1 = d_1 \quad (1)$$

d<sub>1</sub>：補助レンズ4上面からウエハ像面5 aまでの光軸Z上の距離

【0010】一方、補助レンズ4の下面形状は、平面形状となっている。前述したように、補助レンズ4と液体Lの屈折率は等しいため、像面5 aの中心付近に結像する全ての光線Kは、補助レンズ4の下面部においても、上面部と同様に、ほとんど屈折しない。したがって、液浸使用時の収束半角は、通常使用時の収束半角と等しくなる。このとき、投影光学系2のウエハ5側の開口数NAは、

$$NA = n \sin \theta$$

n：液体の空気に対する屈折率

θ：収束半角

で求まる。また、分解能△rは、次式で求まる。

$$\Delta r = k \lambda_0 / NA$$

λ<sub>0</sub>：露光光の空気中での屈折率

k：定数

【0011】したがって、液浸使用時は、通常使用時と比べて、開口数をn倍、像面5 a中心付近における分解能を1/nに向上することができる。また、本第1実施例では、像面5 aの中心に結像する全ての光線Kは、補助レンズ4によっては屈折しないため、球面収差が発生しない。更に、補助レンズ4の色分散と液体Lの色分散とが等しい場合には、軸上色収差も発生しない。これにより、光軸Z付近の像面5 aにおいて、液浸使用時であっても、通常使用時における結像性能がほぼ保たれる。更に、液浸使用時と通常使用時とで、投影光学系5による結像位置の変化もない。

【0012】次に、図3にて、本発明による投影露光装置の第2実施例を示す。本第2実施例は、補助レンズ4の形状のみ、前記第1実施例と異なる。図3は、本発明の第2実施例による液浸使用時での投影露光装置において、補助レンズ4の近傍を拡大して示した図である。本第2実施例の補助レンズ4の上面部の形状は、前記第1実施例の補助レンズ4の上面部の形状と等しい。すなわち、上面部において（1）式の関係が成立する。

【0013】一方、前記第1実施例の補助レンズ4の下

面部が平面形状であるのに対して、本第2実施例の補助レンズ4の下面部の形状は曲面形状となっている。そして、その下面形状は、上面形状と同様に、ウエハ5上の像面5aの中心に結像する全ての光線Kが垂直に入射するような形状となっている。すなわち、補助レンズ4の下面の曲率中心が、通常使用時の像面5aの中心と一致している。そして、補助レンズ4の下面の曲率半径R<sub>2</sub>は、次式を満たす。

$$R_2 = d_2 \quad (2)$$

d<sub>2</sub>：補助レンズ4下面からウエハ像面5aまでの光軸Z上の距離

【0014】本第2実施例によれば、補助レンズ4と液体Lの屈折率が異なるときや、温度変動によって液体Lの屈折率が変化するときであっても、収差や結像位置の変化が少ない。すなわち、像面5aの中心に結像する全ての波長の光線Kは、補助レンズ4の下面においても、液体Lの屈折率や色分散に関わらず屈折しない。したがって、本第2実施例においても、前記第1実施例と同様に、液浸使用時に高い分解能を得ることができる。また、通常使用時と液浸使用時とを比較しても、投影光学系2による結像位置が変化せず、像面5aでの軸上色収差や球面収差の変化もなく、光軸Z付近の像面5aでの結像性能が維持される。更に、温度変動等によって液体Lの屈折率が変化しても、結像位置、軸上色収差や球面収差の変化はない。

【0015】次に、図4にて、本発明による投影露光装置の第3実施例を示す。前記第1、第2実施例では液浸使用時に作動空間のウエハ5側部分空間の一部を液体としたが、本第3実施例では、液浸使用時に作動空間の全部を液体とする。すなわち、液浸使用時には、投影光学系2の最もウエハ5側の面が、液体に浸されることになる。したがって、本第3実施例の投影露光装置は、図1の液体遮蔽板6の上面が、投影光学系2の下面より高くなければならない。更に、前記第1、第2実施例の液浸使用時に用いる図1のレンズホルダ3、補助レンズ4、回転軸7は、不要となる。

【0016】図4は、液浸使用時において、投影露光装置の投影光学系2の最もウエハ5側の面を拡大して示した図である。投影光学系2の最もウエハ5側の面の形状は、前記第2実施例の補助レンズ4の下面部の形状と等

しい。すなわち、下面部において（2）式の関係が成り立つ。一方、通常使用時においても、図4に示す投影光学系2を用いることになるが、液浸使用時と同様に、像面5aの中心付近に結像する全ての光線Kの屈折は生じない。本第3実施例においても、前記第2実施例と同様に、液浸使用時に高い分解能を得ることができる。また、通常使用時と液浸使用時とを比較しても、投影光学系2による結像位置が変化せず、像面5aでの軸上色収差や球面収差の変化もなく、光軸Z付近の像面5aでの結像性能が維持される。更に、温度変化等によって液体Lの屈折率が変化しても、結像位置、軸上色収差や球面収差の変化はない。

#### 【0017】

【発明の効果】以上のように本発明では、投影露光装置を通常状態と液浸状態とで共用することができる。そして、液浸使用時においても、結像位置や光軸付近の結像性能がほとんど変化しない投影露光装置を提供することができる。更に、液体の屈折率の変化の影響の少ない投影露光装置及び露光方法を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による投影露光装置を示す図である。

【図2】本発明の第1実施例による投影露光装置の液浸使用時の状態を示す図である。

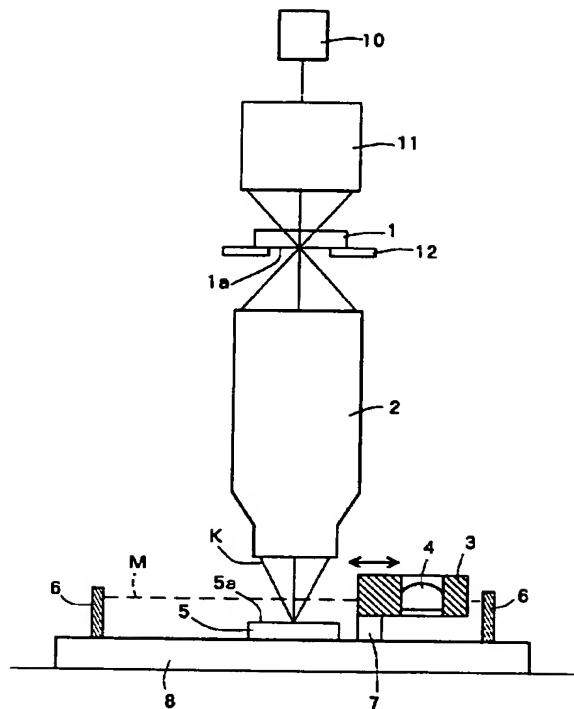
【図3】本発明の第2実施例による投影露光装置の液浸使用時の状態を示す図である。

【図4】本発明の第3実施例による投影露光装置の液浸使用時の状態を示す図である。

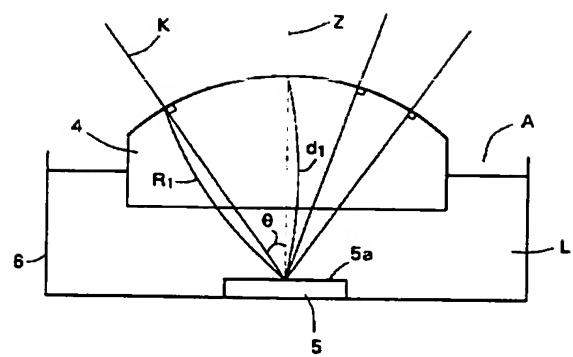
#### 【符号の説明】

|             |           |
|-------------|-----------|
| 1…レチクル      | 1 a…パターン面 |
| 2…投影光学系     |           |
| 3…レンズホルダ    |           |
| 4…補助レンズ     |           |
| 5…ウエハ       | 5 a…像面    |
| 6…液体遮蔽板     | 7…回転軸     |
| 8…XYステージ    | 10…光源     |
| 11…照明光学系    |           |
| 12…レチクルステージ |           |
| Z…光軸        | K…光線      |
| A…気体        | L…液体      |

[☒ 1 ]

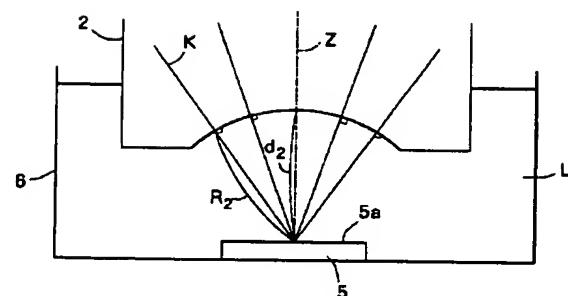
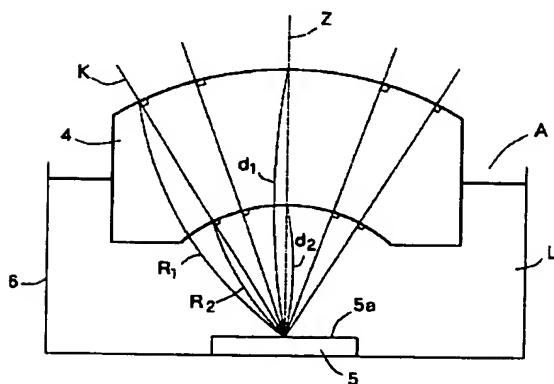


[図2]



【图3】

[図4]



## フロントページの続き

F ターミ(参考) 2H087 KA21 LA00 NA04 PA01 PB01  
QA01 QA03  
5F046 BA03 CA04 CB12 CB25 CB26  
CB27 DA13